UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Atividade Complementar de Dinâmica dos Fluidos
Lista 03

SÃO LUÍS – MA
2022

Equação de Euler

6.1 Considere o campo de escoamento com velocidade dada por $\vec{V} = [A(y^2 - x^2) - Bx]\hat{i} + [2Axy + By]\hat{j}$ em que $A = 3{,}28\ \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $B = 3{,}28\ \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ e as coordenadas são medidas em metros. A massa específica é 1,030 kg/m^3 e a gravidade age no sentido de y negativo. Determine a aceleração de uma partícula fluida e o gradiente de pressão no ponto $(x, y) = (0{,}3;\ 0{,}3)$.

6.2 Um campo de escoamento incompressível e sem atrito é dado por $\vec{V} = (Ax + By)\hat{i} + (Bx - Ay)\hat{j}$, em que $A = 2\ \text{s}^{-1}$, $B = 2\ \text{s}^{-1}$ e as coordenadas são medidas em metros. Determine o módulo e o sentido da aceleração de uma partícula fluida no ponto $(x, y) = (2, 2)$. Determine o gradiente de pressão no mesmo ponto, se $\vec{g} = -g$ e o fluido for a água.

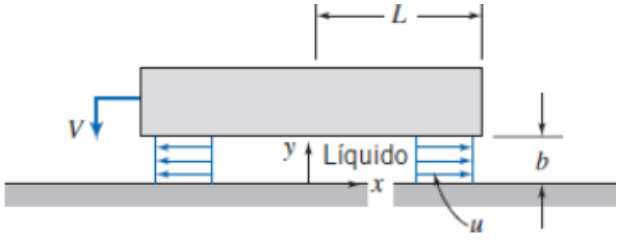
6.3 Um escoamento horizontal de água é descrito pelo campo de velocidade $\vec{V} = (-Ax + Bt)\hat{i} + (Ay + Bt)\hat{j}$, em que $A = 1\ \text{s}^{-1}$, $B = 2\ \text{m/s}^2$, x e y são em metros e t é em segundos. Encontre expressões para a aceleração local, aceleração convectiva e aceleração total. Avalie essas no ponto (1, 2) em $t = 5$ s. Avalie ∇p neste mesmo ponto e tempo.

6.4 Um campo de velocidade em um fluido com massa específica de 1000 kg/m^3 é dado por $\vec{V} = (-Ax + By)t\hat{i} + (Ay + Bx)t\hat{j}$, em que $A = 2\ \text{s}^{-2}$, $B = 1\ \text{s}^{-2}$, x e y são em metros e t é em segundos. As forças de campo são desprezíveis. Avalie ∇p no ponto $(x, y) = (1, 2)$ para $t = 1$ s.

6.5 Considere o campo de escoamento com a velocidade dada por $\vec{V} = [A(x^2 - y^2) - 3Bx]\hat{i} + [2Axy - 3By]\hat{j}$ em que $A = 3{,}28\ \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $B = 1\ \text{s}^{-1}$ e as coordenadas são medidas em metros. A massa específica é 1030 kg/m^{3}e a gravidade age no sentido negativo do eixo y. Determine a aceleração de uma partícula fluida e o gradiente de pressão no ponto $(x, y) = (1, 1)$.

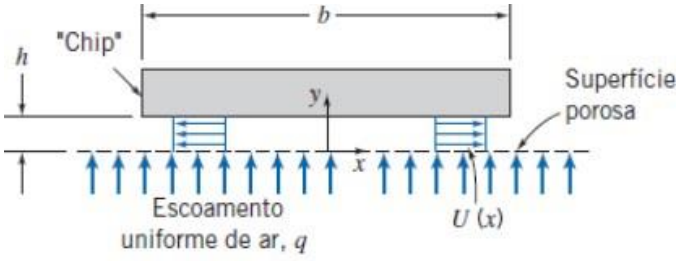
6.11 Um líquido incompressível, com massa específica igual a 1250 kg/m^3 e viscosidade desprezível, escoa em regime permanente através de um tubo horizontal de diâmetro constante. Em uma seção porosa de comprimento $L = 5$ m, líquido é removido a uma taxa constante por unidade de comprimento de tal forma que a velocidade uniforme axial no tubo é $u(x) = U(1 - x/L)$, em que $U = 15$ m/s. Desenvolva expressões para a aceleração de uma partícula fluida ao longo da linha de centro da seção porosa e para o gradiente de pressão ao longo desta linha. Avalie a pressão de saída se a pressão na entrada da seção porosa for igual a 100 kPa (manométrica).

6.22 Uma camada de líquido separa duas superfícies planas, conforme mostrado. A superfície inferior é estacionária; a superfície superior move-se para baixo com velocidade constante, V. A superfície móvel tem largura, w, perpendicular ao plano da figura e $w \gg L$. A camada de líquido incompressível, de massa específica ρ, é espremida para fora do espaço entre as superfícies. Considere que o escoamento é uniforme em qualquer seção e despreze a viscosidade como primeira aproximação. Use um volume de controle adequadamente escolhido para mostrar que $u = Vx/b$ dentro da fresta, em que $b = b_0 - Vt$. Obtenha uma expressão algébrica para a aceleração de uma partícula fluida localizada em x. Determine o gradiente de pressão, $\partial p/\partial x$, na camada líquida. Determine a distribuição de pressão, $p(x)$. Obtenha uma expressão para a força resultante de pressão que age sobre a superfície (móvel) plana superior.



P6.22

6.23 Um "chip" retangular de microcircuito flutua sobre uma fina camada de ar, com espessura $h = 0{,}5$ mm, acima de uma superfície porosa. A largura do chip é $b = 40$ mm, conforme mostrado. O seu comprimento, L, é muito grande na direção perpendicular ao plano da figura. Não há escoamento na direção z. Considere que o escoamento na direção x, na fresta sob o chip, é uniforme. O escoamento é incompressível e os efeitos de atrito podem ser desprezados. Use um volume de controle adequadamente escolhido para mostrar que $U(x) = qx/h$ na fresta. Encontre uma expressão geral (2D) para a aceleração de uma partícula fluida na fresta em função de q, h, x e y. Obtenha uma expressão para o gradiente de pressão $\partial p/\partial x$. Considere que a face superior do chip está sujeita à pressão atmosférica, e ache uma expressão para a força líquida de pressão no chip; essa força é voltada para cima ou para baixo? Explique. Determine a vazão q requerida ($m^3/s/m^2$) e a velocidade máxima, se a massa por unidade de comprimento do chip for 0,005 kg/m. Trace o gráfico da distribuição de pressão como parte da sua explicação sobre o sentido da força líquida.



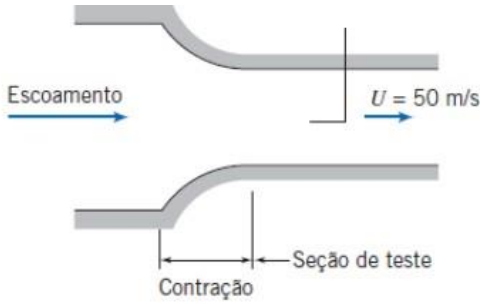
P6.23

6.27 Considere o campo de escoamento $\vec{V} = A[x^4 - 6x^2y^2 + y^4]\hat{i} + B[x^3y - xy^3]\hat{j}$; $A = 2\ m^{-3} \cdot s^{-1}$ B é uma constante e as coordenadas são medidas em metros. Determine B para este escoamento ser incompressível. Obtenha a equação para a linha de corrente que passa através do ponto $(x, y) = (1, 2)$. Deduza uma expressão algébrica para a aceleração de uma partícula fluida. Estime o raio de curvatura da linha de corrente em $(x, y) = (1, 2)$.

A Equação de Bernoulli

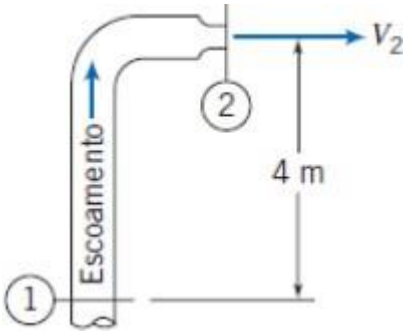
6.43 Um tubo pitot-estático é usado para medir a velocidade do ar na condição-padrão em um ponto de um escoamento. A fim de assegurar que o escoamento possa ser considerado incompressível para cálculos de engenharia, a velocidade deve ser mantida em 100 m/s ou menos. Determine a deflexão do manômetro, em milímetros de água, que corresponde à velocidade máxima desejada.

6.44 A contração de entrada e a seção de teste de um túnel de vento de laboratório estão esquematizadas na figura. A velocidade do ar na seção de teste é $U = 50$ m/s. Um tubo pitot apontado diretamente para montante no escoamento indica que a pressão de estagnação na linha de centro da seção de teste é 10 mm de água abaixo da pressão atmosférica. O laboratório é mantido na pressão atmosférica e à temperatura de −5°C. Avalie a pressão dinâmica na linha de centro da seção de teste do túnel de vento. Calcule a pressão estática no mesmo ponto. Qualitativamente, compare a pressão estática na parede do túnel com aquela na linha de centro. Explique por que as duas não podem ser idênticas.



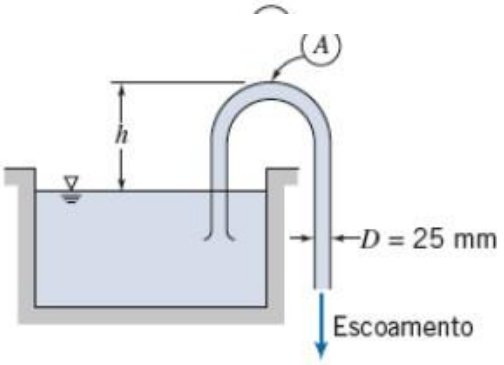
P6.44

6.48 A água escoa em regime permanente para cima no interior do tubo vertical de 0,1 m de diâmetro e é descarregada para a atmosfera através do bocal que tem 0,05 m de diâmetro. A velocidade média do escoamento na saída do bocal deve ser de 20 m/s. Calcule a pressão manométrica mínima requerida na seção (1). Se o equipamento fosse invertido verticalmente, qual seria a pressão mínima requerida na seção (2) para manter a velocidade na saída do bocal em 20 m/s?



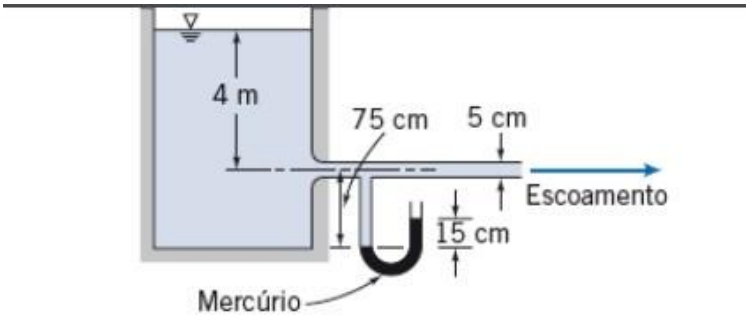
P6.48

6.54 A vazão de água através do sifão é 5 L/s, a temperatura é de 20ºC e o diâmetro do tubo é 25 mm. Calcule a máxima altura permitida, *h*, de modo que a pressão no ponto *A* fique acima da pressão de vapor da água. (Considere o escoamento sem atrito.)



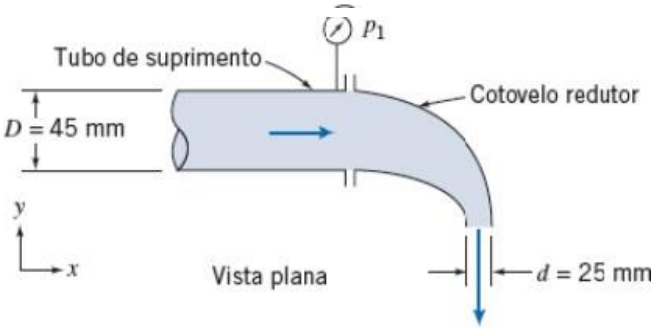
P6.54

6.56 Água escoa de um tanque muito grande através de um tubo de 5 cm de diâmetro. O líquido escuro no manômetro é mercúrio. Estime a velocidade no tubo e a vazão de descarga. (Considere o escoamento sem atrito.)

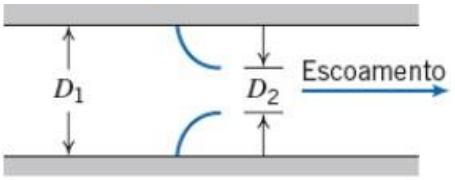


P6.56

6.69 Água escoa em regime permanente através de um cotovelo redutor, conforme mostrado. O cotovelo é liso e curto e o escoamento acelera, de modo que o efeito do atrito é pequeno. A vazão em volume é $Q = 2{,}5$ L/s. O cotovelo está em um plano horizontal. Estime a pressão manométrica na seção (1). Calcule a componente x da força exercida pelo cotovelo redutor sobre o tubo de suprimento de água.

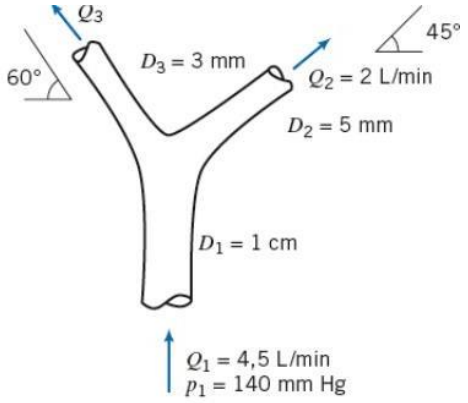


6.70 Um bocal é um dispositivo para medir a vazão em um tubo. Este bocal específico deve ser usado para medir um escoamento de ar com baixa velocidade para o qual a compressibilidade pode ser desprezada. Durante a operação, as pressões p_1 e p_2 são registradas, bem como a temperatura a montante, T_1. Determine a vazão mássica em função de $\Delta p = p_2 - p_1$ e T_1, a constante do gás para o ar, e os diâmetros do dispositivo, D_1 e D_2. Considere o escoamento sem atrito. O escoamento real será maior ou menor do que o escoamento predito? Por quê?

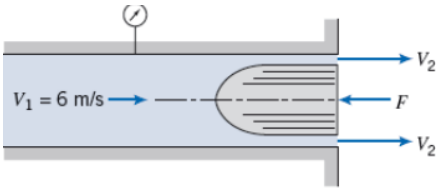


P6.70

6.71 A ramificação de um vaso sanguíneo é mostrada. Sangue à pressão de 140 mmHg escoa no vaso principal a uma vazão de 4,5 L/min. Estime a pressão do sangue em cada ramo, considerando que os vasos comportam-se como tubos rígidos, que o escoamento é sem atrito, e que o vasos situam-se em um plano horizontal. Qual é a força gerada em um ramo pelo sangue? Você pode aproximar a massa específica do sangue em 1060 kg/m³.



6.82 Água escoa, com baixa velocidade, através de um tubo circular com diâmetro interno de 50 mm. Um tampão arredondado e liso, de 38 mm de diâmetro, é mantido na extremidade do tubo onde a água é descarregada para a atmosfera. Ignore efeitos de atrito e considere perfis uniformes de velocidade em cada seção. Determine a pressão medida pelo manômetro e a força requerida para manter o tampão no lugar.



P6.82

Escoamento Irrotacional

*6.104 A função de corrente de um campo de escoamento é $\psi = Ax^2y - By^3$, em que A = 1 $m^{-1} \cdot s^{-1}$, $B = (1/3)\ m^{-1} \cdot s^{-1}$ e as coordenadas são medidas em metros. Encontre uma expressão para o potencial de velocidade.

*6.105 Um campo de escoamento é representado pela função de corrente $\psi = x^5 - 10x^3y^2 + 5xy^4$. Determine o campo de velocidade correspondente. Mostre que este campo de escoamento é irrotacional e obtenha a função potencial.

*6.106 A função de corrente de um campo de velocidade é $\psi = Ax^3 - Bxy^2$, em que $A = 1\ m^{-1} \cdot s^{-1}$ e B = 3 $m^{-1} \cdot s^{-1}$, e as coordenadas são medidas em metros. Encontre a expressão para o potencial de velocidade.